Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 1, Spring 2020, P. 55-65

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۶۵-۵۵

مقاله علمی-پژوهشی

اثر قارچ‌های میکوریزایی *Glomus mosseae* و شبه‌میکوریزایی *Piriformospora indica* بر رشد گیاهچه گندم و چند گونه علف هرز

گودرز احمدوند[1*]- معصومه دهقان بنادکی[2]- اسکندر زند[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴

چکیده

به منظور بررسی کلونی‌سازی قارچ، روی ریشه گندم و هشت گونه علف‌هرز، نه آزمایش مستقل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در سال ۱۳۹۵ در شرایط گلخانه اجرا شد. آزمایش‌های مذکور هر کدام دارای سه تیمار تلقیح با قارچ میکوریزایی گلوموس (*Glomus mosseae*)، تلقیح با قارچ شبه‌میکوریزایی پیریفورموسپورا (*Piriformospora indica*) و شاهد بدون تلقیح بودند. گونه‌های گیاهی مورد بررسی نیز شامل گندم رقم پیشتاز و علف‌های هرز چاودار، جودره، جوموشی، یولاف وحشی، خاکشیر شیرین، علف پشمکی، گندمک و خلر بود. بعد از پر کردن گلدان‌ها، اسپور قارچ گلوموس و قطعات میسلیوم قارچ پیریفورموسپورا به گلدان‌ها اضافه و به هر گلدان تعداد ۱۰ گیاهچه منتقل شد و در مرحله ۲ تا ۴ برگی به سه بوته در هر گلدان تنک شدند. ۸ هفته بعد از انتقال گیاهچه‌ها، درصد کلونی‌سازی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و پاسخ رشد میکوریزایی اندازه‌گیری و تعیین شد. نتایج آزمایش نشان‌دهنده تأثیر متفاوت قارچ‌های مورد بررسی بر رشد گیاه زراعی و علف‌های هرز بود. قارچ‌های گلوموس و پیریفورموسپورا به ترتیب روی ریشه گندم ۸۷/۹ و ۹۰ درصد کلونی تشکیل دادند. در بین علف‌های هرز، بیشترین درصد کلونی‌سازی توسط هر دو قارچ، با علف هرز جودره به میزان ۸۹ درصد و کمترین میزان کلونی‌سازی، با ریشه گیاه گندمک به میزان ۷/۵ درصد مشاهده شد. وزن خشک ریشه و اندام هوایی چاودار در اثر تلقیح هر دو قارچ دچار کاهش شد. تلقیح قارچ گلوموس باعث کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی یولاف وحشی و گندمک شد. پاسخ رشد میکوریزایی از ۳۲/۲۶- تا ۴۸/۷۸+ درصد در علف‌های هرز، متفاوت بود. با توجه به واکنش متفاوت گندم و برخی از گونه‌های علف هرز مورد بررسی مانند چاودار، یولاف وحشی و گندمک به تلقیح قارچ‌های میکوریزایی و شبه‌میکوریزایی، به‌نظر می‌رسد کاربرد قارچ‌های مذکور در مزارع گندم بتواند خسارت علف‌های هرز یادشده را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: پاسخ رشدی، کلونی‌سازی، قارچ گلوموس، قارچ پیریفورموسپورا

مقدمه

قارچ‌های آرباسکولار میکوریزایی[4] یکی از مهم‌ترین قارچ‌های موجود در روی زمین هستند که تقریباً از ۴۰۰ میلیون سال پیش، با ریشه بسیاری از گیاهان رابطه همزیستی دارند (۴). این قارچ‌ها نقش مهمی در کارکرد پایدار بوم‌نظام‌ها، به‌ویژه سامانه‌های کشاورزی ایفا می‌کنند. در بین انواع مختلف قارچ‌های میکوریزایی، میکوریزایی آرباسکولار رایج‌ترین نوع همزیستی مسالمت‌آمیز بین میکروارگانیسم‌های خاک‌زی و گیاهان می‌باشد. این قارچ‌ها تقریبا ۵ تا ۳۶ درصد زیست‌توده خاک و ۹ تا ۵۵ درصد زیست‌توده میکروارگانیسم‌های خاک را در اراضی کشاورزی، تشکیل می‌دهند (۱۳). در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد از گیاهان، با این قارچ‌ها همزیستی ندارند و به عنوان گیاهان غیرمیزبان قارچ شناخته می‌شوند که شامل برخی از گونه‌های خانواده‌های تاج‌خروس (Amaranthaceae)، اسفناجیان (Chenopodiaceae)، شب‌بو (Brassicaceae)، میخک (Caryophyllaceae)، هفت‌بند (Polygonaceae) و بعضی از گیاهان خانواده گندمیان (Poaceae) می‌باشند که برخی از مهم‌ترین و مشکل‌سازترین علف‌های هرز دنیا نیز در این خانواده‌های گیاهی قرار دارند (۱۳ و ۳۸). قارچ‌های میکوریزایی همیشه سودمند نیستند، در بعضی از مواقع برخی از گونه‌های قارچ‌های میکوریزایی مانند *G. mosseae* و *G. intraradices* سبب کاهش رشد گونه‌های خاصی

---

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، گروه زراعت و اصلاح نبات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: gahmadvand@basu.ac.ir)
۳- استاد مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی، تهران، ایران
DOI: 10.22067/jpp.v34i1.74808
4- Arbuscular- mycorrhizal fungi

از گیاهان می‌شوند (۳۵). بررسی اثر قارچ میکوریزایی *G. intraradices* بر رشد نه گونه علف هرز مهم در مزارع، نشان داد که رشد علف‌های هرز در حضور قارچ، کاهش پیدا می‌کند و بیشترین کاهش رشد در سه گونه سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.)، تاجریزی (*Solanum nigrum* L.) و چسبک (*Setaria viridis* L.) مشاهده شد (۳۵). مکانیسم بازدارندگی قارچ میکوریزایی در گیاهان غیرمیزبان، ناشناخته است. مشاهده شده است که عصاره آبی میسیلیوم قارچ میکوریزایی در گیاهان غیرمیزبان، مانع از رشد ریشه شده و یا به واسطه خاصیت دگرآسیبی عصاره آبی میسیلوم قارچ، حالت پلاسیدگی یا مرگ موضعی مشاهده شده است (۱). در بررسی میزان کلونی‌سازی قارچ میکوریزایی *G. mosseae* با ریشه علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.) در مراتع، میزان ویزیکول[1] بین ۰ تا ۷ درصد، میزان آرباسکول[2] ۰ تا ۱۰ درصد و کلونی هیف از ۰ تا ۳۳ درصد متغیر بود و کل کلونی‌سازی بین ۰ تا ۳۴ درصد تغییر نشان داد و بیشترین میزان کلونی‌سازی در مرحله گلدهی گیاه مشاهده شد (۳). در مطالعه‌ای دیگر کلونی‌سازی قارچ میکوریزایی (*G. etunicatum*) با گیاه علف پشمکی، سبب کاهش زیست‌توده گیاه شده است (۲۶). در علف هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) از خانواده شب‌بو تشکیل ویزیکول، هیف و آرباسکول در شرایط آب و هوایی برزیل مشاهده شد (۲۷). حضور میسیلوم قارچ میکوریزایی (*G. intraradices*) در شرایط کربن فعال و عدم کربن فعال، سبب کاهش هشت برابری زیست‌توده علف هرز گندمک (*Stellaria media* L.) در مقایسه با شرایط عدم کاربرد قارچ شد (۳۵). نتایج بررسی تأثیر قارچ میکوریزایی *G. mosseae* بر میزان کلونی‌سازی ریشه علف‌های هرز، نشان داد که بیشترین کلونی‌سازی به میزان ۸۱ درصد با علف هرز شیرتیغی (*Sonchus aspera* L.) و کمترین کلونی‌سازی در علف‌های هرز خارلته (*Cirsium arvense* L.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album*) به ترتیب به میزان ۹ و ۷ درصد ایجاد شد (۳۰).

قارچ اندوفیت *P. indica*، اولین بار توسط وارما و همکاران (۳۲) از خاک ریزوسفری گیاهان خشکی‌پسند کهور (*Prosopis juliflora* DC.) و کنار (*Ziziphus nummularia* W.) در صحرای تار هندوستان جدا شد. این قارچ به عنوان یکی از مهم‌ترین ریزجانداران مفید خاک در تهیه و تولید کودهای بیولوژیکی کاربرد دارد و با ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و اکولوژیکی در گیاهان میزبان خود، عملکرد آن‌ها را در واحد سطح افزایش داده و امکان توسعه و کاشت گیاه را در خاک‌هایی با شرایط نامساعد محیطی و تغذیه‌ای، فراهم می‌کند (۳۳). این قارچ از نظر مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و کارکرد، مشابه جنس گلوموس می‌باشد (۱۵).

همزیستی این قارچ در ریشه انواعی از گیاهان بررسی و گزارش شده است که با دارا بودن توانایی القای مقاومت به عوامل بیمارگر و تنش‌های محیطی مانند خشکی و شوری در رابطه همزیستی خود با گیاه، به عنوان یک عامل مهم در القای مقاومت به گیاه مطرح است و مشابه قارچ‌های میکوریزایی عمل می‌کند (۸). گزارش شده است که این قارچ می‌تواند با گیاهان غیرمیکوریزایی، همزیستی برقرار کرده و سبب بهبود و یا کاهش رشد آن‌ها شود (۲۲ و ۳۵). قارچ مذکور با خانواده‌های مختلف گیاهی حتی با آن دسته که قادر به همزیستی با قارچ‌های میکوریزایی نیستند، به راحتی رابطه همزیستی برقرار می کند. برای مثال با گیاهان خانواده شب‌بو که میزبان قارچ‌های میکوریزایی نیستند، همزیستی برقرار کرده و هیف آن در مجاورت ریشه میزبان، منشعب و سبب انباشتن و افزایش عناصری چون فسفر، نیتروژن، آهن و منگنز می‌شود که افزایش رشد گیاه میزبان را به‌دنبال خواهد داشت (۱۱ و ۱۹). در مطالعات درون شیشه‌ای[3]، گزارش شده است که قارچ پیریفورموسپورا با گیاهان خانواده شب‌بو مانند نوعی خردل (*Brassica juncea* L.)، کلم (*B. oleracea* L.) و اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)، همزیستی برقرار کرده است (۲۹). در تیره شب‌بو، قارچ با ریشه گیاه کلم به میزان ۶۸ درصد و در گیاه خاکشیر شیرین (*Descurainia sophia*) به میزان ۱۵ درصد ایجاد کلونی داشته است (۱۶). درصد کلونی‌سازی قارچ پیریفورموسپورا با علف‌های هرز یولاف وحشی، علف قناری و خاکشیر تلخ به ترتیب به میزان ۴۰ ، ۴۰ و ۳۹ درصد و در علف‌های هرز ازمک، خاکشیر شیرین و کیسه‌کشیش کمتر از ۲۰ درصد گزارش شد (۹).

با توجه به اینکه مطالعات بسیار کمی در ایران در رابطه با ارزیابی رشد علف‌های هرز در حضور قارچ میکوریزایی و شبه‌میکوریزایی صورت گرفته است، این پژوهش به منظور بررسی و مقایسه پاسخ رشدی گندم و چند گونه علف‌هرز مهم این گیاه زراعی، به قارچ میکوریزایی *G. mosseae* و شبه‌میکوریزایی *P. indica* در شرایط کنترل شده، به منظور مدیریت اکولوژیکی علف‌های هرز اجرا شد. به نظر می‌رسد چنانچه گیاه زراعی مورد نظر با قارچ‌های میکوریزایی یا شبه‌میکوریزایی کلونی تشکیل دهد و پاسخ رشد آن مثبت باشد و در مقابل گونه‌هایی از علف‌های هرز مورد بررسی غیر میکوریزایی بوده یا پاسخ رشد میکوریزایی آن‌ها منفی باشد. کاربرد قارچ می‌تواند باعث بهبود قابلیت رقابت گیاه زراعی و کاهش خسارت علف‌های هرز مذکور شود.

مواد و روش‌ها

1- Vesicles
2- Arbuscules
3- *In vitro*

به‌منظور بررسی کلونی‌سازی قارچ‌های میکوریزایی و شبه میکوریزایی روی ریشه گندم و چند گونه علف‌هرز، نه آزمایش مستقل روی نه گونه گیاهی در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در سال ۱۳۹۵، در گلخانه مرکز آموزش عالی کشاورزی کرج واقع در کیلومتر پنج جاده ماهدشت اجرا شد. در آزمایش‌های مذکور تیمارهای آزمایش شامل تلقیح با قارچ میکوریزایی (*G. mosseae*)، تلقیح با قارچ شبه-میکوریزایی پیریفورموسپورا (*P. indica*) و شاهد بدون تلقیح بود. گونه‌های گیاهی مورد بررسی نیز شامل گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم پیشتاز و علف‌های‌هرز چاودار وحشی (*Secale cereale* L.)، جودره (*Hordeum spontaneum* Koch.)، جوموشی (*H. murinum* L.)، یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu.)، خاکشیر (*Bromus tectorum* L.)، علف پشمکی (*D. Sophia* L.)، گندمک (*S. media* L.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.) بود.

تکثیر و تولید مایه تلقیح قارچ‌ها: قارچ میکوریزایی آرباسکولار (*G. mosseae*) از کلینیک اسدآباد همدان تهیه شد. در هر گلدان مقدار سه گرم مایه تلقیح قارچ استفاده شد که در هر گرم حدود ۱۱۰ اسپور وجود داشت.

جدایه اولیه قارچ پیریفورموسپورا از آزمایشگاه قارچ‌شناسی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه گردید و به‌منظور تکثیر و تولید میسلیوم، به مدت دو هفته، در داخل ارلن حاوی محیط کشت مرکب هیل و کافر (۱۵) کشت گردید، سپس به محیط کشت مایع منتقل و به‌مدت دو هفته در شیکرانکوباتور با دمای ۲۰–۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۵۰ دور، در تاریکی قرار داده شد. برای تلقیح، ۱۰ میلی‌لیتر از محیط کشت حاوی تعداد زیادی از قطعات میسلیوم قارچ، در هر گلدان استفاده شد (۱۶).

بذر گندم رقم پیشتاز از مؤسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد و بذر گونه‌های علف هرز نیز از مزارع گندم کرج و هشتگرد جمع آوری شده و پس از خشک شدن، تا زمان کاشت در پاکت کاغذی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. قبل از شکستن خواب بذر علف‌های هرز، بذر گیاهان مورد بررسی با هیپوکلرید سدیم ۱/۵ درصد به‌مدت پنج دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو داده شد، سپس بذرها در پتری‌دیش حاوی کاغذ صافی و آب مقطر در داخل ژرمیناتور قرار گرفته و بسته به گونه گیاهی بین چهار تا شش روز جوانه‌دار شدند و زمانی‌که طول ریشه‌چه به حدود یک سانتی‌متر رسید، به گلدان‌ها منتقل شدند.

کشت گیاه و اعمال تیمارها: خاک مورد استفاده به نسبت (یک به یک) خاک مزرعه و ماسه‌بادی بود که پس از عبور از الک دو میلی‌متری، طی سه روز متوالی و هر روز به مدت چهار ساعت در آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، استریل شد (۱۴). هر گلدان حاوی یک کیلوگرم خاک استریل شده بود و به هر گلدان بسته به نوع تیمار، قارچ مورد نظر اضافه شد و در شرایط عدم کاربرد قارچ (شاهد) هیچ گونه مایه تلقیح قارچ استفاده نشد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 1- Physical and chemical characteristics of the used soil in the pots

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	نیتروژن کل (درصد)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام)	کربن ارگانیک (درصد)
Soil texture	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	Total N (%)	K (ppm)	P (ppm)	OC (%)
لومی شنی Sandy lome	2.93	7.10	1.00%	514.00	19.46	0.09

تعداد ۱۰ گیاهچه به هرکدام از گلدان‌ها انتقال داده شد. سپس گیاهچه‌ها در مرحله دو تا چهار برگی، تنک شده و به تراکم سه بوته در هرگلدان رسیدند. گلدان‌ها هفته‌ای سه بار با آب مقطر آبیاری شدند. برای ممانعت از آبشویی، گلدان‌ها به‌طور یکنواخت در حدی آبیاری شدند که زه‌آب خروجی نداشته باشند. هشت هفته بعد از انتقال گیاهچه‌ها به گلدان‌ها، اندام هوایی گیاهان از محل طوقه، قطع و به آزمایشگاه منتقل شد. ریشه گیاهان با آب مقطر شست‌وشو داده شد تا کاملا تمیز شود سپس ریشه یک بوته از هر گلدان به‌صورت تصادفی جدا و به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شد و برای تعیین درصد کلونی‌سازی آماده شد. اندام هوایی هر کدام از گونه‌ها نیز جداگانه در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از خشک شدن، وزن خشک اندام هوایی تعیین شد. ریشه‌های دو بوته باقیمانده از هر گلدان نیز برای تعیین وزن خشک، به مدت ۲۴ ساعت درآون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد.

رنگ‌آمیزی و بررسی کلنی‌سازی ریشه توسط قارچ: برای مطالعه همزیستی، قطعات یک سانتی‌متری ریشه هر گونه، بسته به گونه گیاهی به مدت چهار تا هشت دقیقه در محلول KOH ده درصد رنگ‌بری شده، سپس سه مرتبه با آب مقطر شست‌وشو داده شد و پس‌ازآن به مدت چهار دقیقه، در محلول HCl یک‌درصد قرار داده شد سپس رنگ‌آمیزی با استفاده از محلول لاکتوفنل کاتن بلو[1] انجام

1- Lactophenol katen blue

شد (۱۲). برای اندازه‌گیری درصد کلنی‌سازی ریشه، یک صد قطعه یک سانتی‌متری از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده روی چهار لام میکروسکوپ (هر لام ۲۵ قطعه) قرار داده شد و با اضافه کردن چند قطره محلول لاکتوگلیسرول، ریشه‌ها با لامل پوشانیده شدند و با کمک میکروسکوپ، درصد کلونیزاسیون تعیین و میانگین درصد کلونی‌سازی قطعات ریشه‌ای محاسبه گردید (۲۴).

برای محاسبه پاسخ رشد میکوریزایی گیاهان[1] (MGR) از معادلات زیر استفاده شد (۳۵).

معادله (۱)

$$\text{IF } \overline{\text{NM}} < \text{AMF, then MGR } (\%) = \left(1 - \left(\frac{\overline{\text{NM}}}{\text{AMF}}\right)\right) \times 100$$

معادله (۲)

$$\text{IF } \overline{\text{NM}} > \text{AMF, then MGR } (\%) = \left(-1 - \left(\frac{\overline{\text{NM}}}{\text{AMF}}\right)\right) \times 100$$

در این معادلات $\overline{\text{NM}}$ متوسط زیست‌توده کل گیاه در تیمار شاهد (عدم کاربرد قارچ)، AMF زیست‌توده کل هر گونه در حضور قارچ. در تیمارهایی که حضور قارچ باعث افزایش رشد شد، برای تعیین میزان پاسخ رشدی مثبت، از معادله یک و برای تعیین میزان پاسخ رشدی منفی، زمانی که حضور قارچ باعث کاهش رشد شد، از معادله دو استفاده شد.

قبل از تجزیه‌وتحلیل، نرمال بودن باقیمانده داده‌ها بررسی و در صورت نیاز تبدیل مناسب ($\text{Arc } \sin\sqrt{x}$) بر روی آن‌ها انجام شد (۱۸). تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها برای هر آزمایش به‌صورت جداگانه با نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار sigma plot صورت گرفت.

نتایج و بحث

در تیمار عدم کاربرد قارچ، در هیچ‌یک از گیاهان مورد مطالعه، کلونی‌سازی قارچ با ریشه گیاهان مشاهده نشد. این مسئله نشان می دهد که خاک مورد استفاده برای آزمایش به دلیل اتوکلاو کردن، فاقد قارچ‌های مورد بررسی بوده است. درصد کلونی‌سازی روی ریشه گونه‌های مختلف گیاهی مورد مطالعه از ۷/۵ درصد (توسط قارچ گلوموس روی ریشه گندمک) تا ۹۰/۳ درصد (توسط قارچ پیریفورموسپورا روی ریشه گندم) در بین گونه‌های گیاهی متغیر بود (جدول ۲). بیشترین درصد کلونی‌سازی در گندم به میزان ۹۰/۳ و ۸۷/۹ درصد به ترتیب در همزیستی ریشه با قارچ پیریفورموسپورا و گلوموس مشاهده شد (جدول ۲). کمترین میزان کلونی‌سازی قارچ پیریفوموسپورا و گلوموس در علف هرز گندمک به‌ترتیب به میزان ۱۰ و ۷/۵ درصد مشاهده شد. کلونی‌سازی هر دو گونه قارچ، با ریشه علف هرز جودره به میزان ۸۹ درصد بود. میزان کلونی‌سازی قارچ پیریفورموسپورا با ریشه همه گونه‌های گیاهی مورد بررسی بجز جودره، بیشتر از جنس گلوموس بود. میزان کلونی‌سازی قارچ گلوموس با ریشه یولاف وحشی ۱۳ درصد بود در حالی‌که کلونی‌سازی قارچ پیریفورموسپورا با ریشه یولاف وحشی معادل ۴۰ درصد بود که در مقایسه با گلوموس، سبب افزایش ۲۷ درصدی کلونی‌سازی در ریشه یولاف شد. درصد کلونی‌سازی قارچ پیریفورموسپورا با ریشه علف‌های هرز خلر، جوموشی، چاودار، علف‌پشمکی، خاکشیر و گندمک به‌ترتیب ۲۳، ۱۵، ۱۲، ۱۲، ۱۱/۵ و ۲/۵ درصد بیشتر از گونه گلوموس بود. عواملی مانند گونه گیاهی، فعالیت میکروبی و شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، بر میزان و شدت کلونی‌سازی قارچ‌های میکوریزایی و شبه‌میکوریزایی با ریشه گیاهان موثر هستند (۵، ۱۷، ۲۲ و ۲۸).

میزان کلونی‌سازی قارچ گلوموس و پیریفورمورسپورا با ریشه گندم به‌ترتیب ۷۳/۳۸ و ۵۲/۱۲ درصد گزارش شده است (۳۹). باسبی (۳) میزان کلونی‌سازی قارچ گلوموس را با ریشه علف‌پشمکی تا ۳۴ درصد گزارش کرد و در بررسی الغراوی (۲) میزان کلونی‌سازی قارچ گلوموس با ریشه علف پشمکی در سامانه تک کشتی، ۷۱/۴۵ درصد گزارش شده است. میزان کلونی‌سازی قارچ میکوریزایی *Phizophagus intraradices* و شبه‌میکوریزایی پیریفورموسپورا روی ریشه گیاه *Elusine coracana* به ترتیب ۷۲ و ۵۸ درصد گزارش شده است (۳۱).

میزان کلونی‌سازی قارچ میکوریزایی با گونه ترشک (*Rumex crispus* L.) ۳/۰۳ درصد، نیلوفر پیچ (*Ipomea ramosissima* Poir.) ۶۸/۳۳ درصد، سیزاب ایرانی (*Veronica persica* L.) ۱۸/۶۳ درصد، علف‌اسب (*Conyza canadensis* L.) ۴/۰۶ درصد و دودندان (*Bidens pilosa* L.) ۳۴/۱۰ درصد، گزارش شده است (۲۰).

در مطالعه‌ای که توسط واتوویچ و همکاران (۳۷) روی چند گونه علف هرز انجام شد، علف‌های هرز مورد بررسی در سه دسته گیاهان میکوریزایی (کلونی‌سازی بالای ۲۹ درصد) مانند گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* L.)، آمبروزیا (*Ambrosia artemisifolia* L.)، کنگر وحشی (*Cirsium arvense* L.)، تاجریزی (*Solanum nigrum* L.) و توق (*Xanthium srrumarium* L.) گیاهان میکوریزایی ضعیف (کلونی‌سازی کمتر از ۱۶ درصد) مانند گیاهان ارزنک (*Setaria faberi* L.)، دم‌روباهی (*Setaria lutescens* L.) و مرغ (*Agropyron repens* L.) و گیاهان غیرمیکوریزایی (کلونی‌سازی بین ۰/۲ تا ۲/۳ درصد) مانند تاج‌خروس ریشه‌قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)، خردل (*Brassica kaber* L.)، سلمه‌تره، هفت‌بند (*Polygonum lapathifolium* L.) و خرفه (*Portulaca oleracea* L.) دسته‌بندی شدند. دلایل کاهش میزان کلونی‌سازی قارچ با ریشه برخی از گیاهان هنوز به طور کامل شناخته نشده است.

1- Mycorrhizal groeth response

در برخی مطالعات، کاهش میزان کلونی‌سازی قارچ با ریشـه گیاهـان به ترکیبات دگرآسیب در ریشه این گیاهان نسبت داده شده است (۶ و ۳۵).

جدول ۲- تأثیر قارچ‌های پیریفورموسپورا و گلوموس بر درصد کلونی‌سازی، وزن خشک اندام هوایی و ریشه گندم و علف‌های هرز، در آزمایش گلدانی

Table 2- Effect of *P. indica* and *G. mosseae* on root colonization percentage, shoot and root dry weight of wheat and weeds in pot experiment. Data indicate means ± standard errors

گونه گیاهی Plant species	پارامترها Parameters	قارچ پیریفورمسپورا *P. indica*	قارچ گلوموس *G. mosseae*	شاهد Control
	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	91.30±0.83 a	87.90 ±1.01 b	0.0 c
Wheat گندم (*Triticum aestivum*)	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.54 ±0.09 a	0.57 ± 0.0 a	0.44± 0.08 b
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.25± 0.09 b	0.29±0.004 a	0.12 ± 0.003 c
	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	40.0± 0.08 a	13.00± 0.21 b	0.0 c
Wild oat یولاف (*Avena ludoviciana*)	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.47± 0.009 a	0.31±0.004 c	0.36±0.007 b
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.25± 0.01 a	0.11± 0.007 c	0.16± 0.01 b
	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	20.00± 0.14 a	8.00± 0.16 b	0.0 c
Drooping brome علف پشمکی (*Bromus tectorum*)	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.31± 0.003 a	0.26 ±0.003 b	0.23± 0.009 c
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.19± 0.003 a	0. 15 ± 0.003 b	0.14 ±0.009 b
	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	20.50± 0.004 a	8.50± 0.002 b	0.0 c
Flixweed خاکشیر (*Descorainia sophia*)	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.22± 0.10 a	0.18± 0.10 b	0.15± 0.01 c
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.12 ± 0.008 a	0.07± 0.003 b	0.04± 0.003 c
	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	39.33± 0.09 a	24.99± 0.21 b	0.0 c
Wall barley جوموشی (*Hordeum murinum*)	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.27±0.10 a	0.18± 0.14 b	0.13±0.22 c
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.17± 0.01 a	0.12± 0.005 b	0.04 ±0.009 c
	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	89.50± 0.06 a	89.00± 0.06 a	0.0 b
Wild barley جودره (*Hordeum spontaneum*)	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.61± 0.009 a	0.53 ±0.009 b	0.45 ±0.005 c
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.34 ± 0.006 a	0.24±0.005 b	0.21±0.005 c
	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	54.00± 0.44 a	31.50±0.29 b	0.0 c
Grass pea خلر (*Lathyrus sativus*)	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.41± 0.02 a	0.37 ± 0.02 b	0.25 ±0.01c
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.22 ± 0.02 a	0.19± 0.01 b	0.16±0.02 c

چاودار Wild rye (*Secale cereal*)	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	73.00± 0.007 a	61.50 ± 0.11b	0.0 c
	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.13 ± 0.003 b	0.14± 0.004 b	0.19± 0.006 a
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.09± 0.004 c	0.11± 0.003 b	0.14± 0.005 a
گندمک Chickweed (*Stellaria media*)	کلونی‌سازی ریشه (درصد) Root colonization (%)	10.50± 0.31 a	7.50± 0.36 b	0.0 b
	وزن خشک اندام هوایی (گرم دربوته) Shoot dry weight (g/plant)	0.35± 0.009 c	0.53± 0.005 a	0.41 ± 0.01b
	وزن خشک ریشه (گرم دربوته) Root dry weight (g/plant)	0.25± 0.008 c	0.36 ± 0.01 a	0.31± 0.01 b

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ردیف، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

وزن خشک ریشه و اندام هوایی

وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاهان مورد بررسی بطور معنی داری ($p<0.05$) تحت تأثیر همزیستی قارچ‌های پیریفورموسپورا و گلوموس قرار گرفت. در اثر همزیستی هر دو گونه قارچ با ریشه گندم، جوموشی، جودره، خاکشیر، علف پشمکی و خلر، وزن خشک ریشه و اندام هوایی افزایش نشان داد و در برخی دیگر از گیاهان در حضور هر دو یا یکی از قارچ‌ها، وزن خشک ریشه و اندام هوایی در مقایسه با شاهد، کاهش یافت (جدول ۲). در گیاه زراعی گندم، کاربرد قارچ گلوموس و پیریفورموسپورا در مقایسه با شاهد، به ترتیب سبب افزایش ۱۴۱/۷ و ۱۰۸/۳ درصدی وزن خشک ریشه و افزایش ۲۹/۵ و ۲۲/۷ درصدی وزن خشک اندام هوایی شد.

وزن خشک ریشه و اندام هوایی چاودار در حضور هر دو قارچ و وزن خشک ریشه و اندام هوایی گندمک در حضور قارچ پیریفورموسپورا در مقایسه با شاهد، کاهش یافت. وزن خشک اندام هوایی چاودار و گندمک در همزیستی با قارچ پیریفورموسپورا به‌ترتیب به‌میزان ۰/۱۳ و ۰/۳۵ گرم‌دربوته و در همزیستی با قارچ گلوموس معادل ۰/۱۴ و ۰/۵۳ گرم‌دربوته بود. به‌طوری‌که در مقایسه با شاهد، کاربرد قارچ پیریفورموسپورا در چاودار و گندمک به ترتیب سبب کاهش ۳۱/۵۸ و ۱۴/۶۳ درصدی و کاربرد قارچ گلوموس در چاودار سبب کاهش ۲۶/۳۲ درصدی وزن خشک اندام هوایی شد (جدول ۲). همزیستی قارچ گلوموس با گیاه یولاف وحشی در مقایسه با شاهد، سبب کاهش وزن خشک ریشه آن به‌میزان ۰/۰۵ گرم در بوته شد درحالی‌که قارچ پیریفورموسپورا سبب افزایش ۳۰/۴ درصدی وزن خشک ریشه یولاف وحشی در مقایسه با شاهد شد. وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی به میزان ۰/۳۱ گرم‌دربوته در حضور قارچ گلوموس مشاهده شد که در مقایسه با شاهد کاهش ۱۳/۹ درصدی را نشان داد (جدول ۲).

در بررسی یعقوبیان و همکاران (۳۹) همزیستی قارچ‌های پیریفورموسپورا و گلوموس به ترتیب سبب افزایش ۱۸ و ۷۳ درصدی وزن خشک اندام هوایی گندم شده است. همزیستی ریشه علف هرز تاجریزی (*S. nigrum*) با قارچ میکوریزایی در مقایسه با عدم کاربرد قارچ، سبب افزایش وزن خشک آن به‌میزان ۲۱ درصد شد (۷). وزن خشک اندام هوایی گیاه *Elusine coracana* L. در حضور قارچ میکوریزایی *P. intraradices* به‌میزان ۴۰ درصد و در حضور قارچ پیریفورموسپورا به‌میزان ۸۱ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داده است (۳۰). کلونی‌سازی قارچ میکوریزایی با گیاه علف پشمکی سبب کاهش زیست‌توده گیاه شده است (۲۵). کاهش زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره در حضور قارچ میکوریز به‌میزان ۲۶ درصد در مقایسه با عدم کاربرد قارچ میکوریزا گزارش شده است (۷). کاربرد قارچ پیریفورموسپورا به‌ترتیب سبب افزایش ۲۵ و ۴۴/۸۲ درصدی وزن خشک علف هرز دم‌روباهی (*Aleopecuras myosuroides* L.) و یولاف وحشی (*A. fatua*) شده است (۲۳). در حضور قارچ میکوریزایی *G. intraradices* زیست‌توده علف هرز گندمک به میزان ۸ برابر نسبت به شرایط عدم کاربرد قارچ، کاهش یافت. در شرایط عدم تلقیح قارچ، زیست‌توده کل گیاه گندمک ۸ گرم‌دربوته بود و در حضور قارچ به ۰/۱۷گرم‌دربوته رسید (۳۷). کاهش وزن خشک علف هرز بی‌تی‌راخ (*Galium aparine* L.) نیز در حضور قارچ پیریفورموسپورا گزارش شده است (۲۳). کاهش وزن خشک علف های هرز ازمک (*Cardaria draba* L.)، خردل‌وحشی، کیسه‌کشیش (*Capsella bursa-pastoris* L.) و علف‌قناری (*Phalaris minor* Retz.) در همزیستی با قارچ پیریفورمسپورا گزارش شده است (۹).

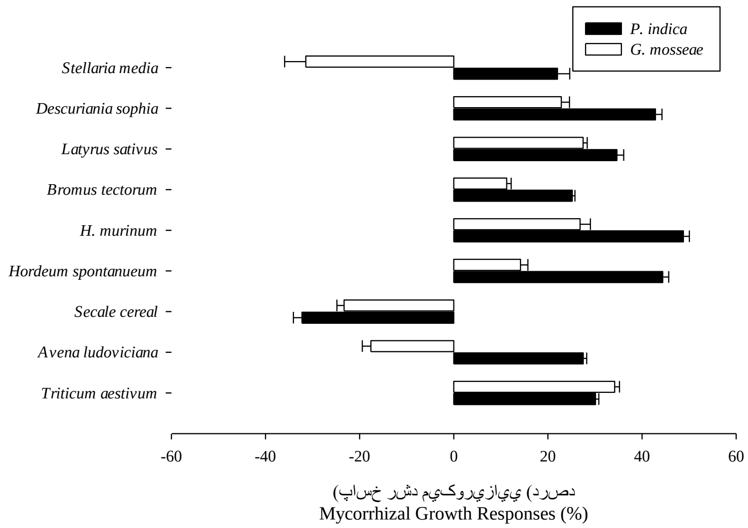
مکانیسم بازدارندگی (اثرات منفی) قارچ‌های میکوریزایی و شبه میکوریزایی در گیاهان تا حدودی ناشناخته است. یکی از عوامل بازدارندگی و کاهش رشد گیاهان در شرایط همزیستی با قارچ‌های میکوریزایی، احتمالا این است که در برخی از گیاهان به دلایل فیزیولوژیکی، قارچ سبب کاهش غلظت نیتروژن و فسفر در گیاه شده و درنتیجه زیست‌توده گیاه کاهش می‌یابد (۱). یکی دیگر از عوامل بازدارنده رشد علف‌های هرز در حضور قارچ میکوریزایی را خاصیت دگرآسیبی قارچ بیان کرده اند که سبب کاهش تعداد ریشه مویین شده

و درنتیجه سطح جذب مواد غذایی را کاهش می دهد (۶).

پاسخ رشد میکوریزایی (MGR)

به منظور اطلاع از میزان تأثیر قارچ‌های مورد بررسی بر رشد گیاه و مقایسه آن با شاهد (غیر میکوریزایی) از پاسخ رشد میکوریزایی استفاده می‌شود (۲۱). علف‌های هرز مورد بررسی و گندم در حضور قارچ پیریفورموسپورا و گلوموس، از نظر پاسخ رشد میکوریزایی تنوع نشان دادند (شکل ۱). درگیاه زراعی گندم پاسخ رشد نسبت به همزیستی هر دو قارچ پیریفورموسپورا و گلوموس، مثبت و به‌ترتیب معادل ۳۰/۱۲ و ۳۴/۱۸ درصد بود. در بین علف‌های هرز باریک برگ، بیشترین پاسخ رشد نسبت به همزیستی قارچ پیریفورموسپورا، در علف هرز جوموشی (۴۷/۷۸ درصد) و جودره (۴۴/۱۴ درصد) مشاهده شد. همزیستی گلوموس نیز با جودره و جوموشی مثبت بود و سبب افزایش رشد گیاهان مذکور شد. در علف‌های هرز علف پشمکی، خلر و خاکشیر نیز در حضور هر دو قارچ پیریفوموسپورا و گلوموس پاسخ رشدی، مثبت بود. پاسخ رشد علف‌های هرز یولاف وحشی و گندمک نسبت به همزیستی با قارچ پیریفورموسپورا مثبت و نسبت به همزیستی با قارچ گلوموس منفی بود (شکل ۱). هر دو قارچ پیریفورموسپورا و گلوموس سبب پاسخ رشدی منفی در گیاه چاودار وحشی شدند، به‌طوری‌که پاسخ رشد در حضور پیریفورموسپورا ۳۲/۰۶- درصد و در حضور گلوموس ۲۳/۳۲- درصد بود که کاهش رشد علف هرز چاودار وحشی در حضور پیریفورموسپورا، بیشتر بود. پاسخ رشدی منفی در علف هرز ترشک (*Rumex crispus*) در حضور قارچ گلوموس تا ۴۴- درصد گزارش شده است (۲۰).

نتایج بررسی پاسخ رشد میکوریزایی گونه‌های مختلف گیاهی نشان داده است که واکنش گیاهان، به گونه گیاهی بستگی دارد و پاسخ مثبت و منفی در گیاهان از دامنه ۳۸+ درصد تا ۳۵- درصد گزارش شده است (۳۵). متفاوت بودن پاسخ رشد میکوریزایی در علف‌های هرز، علاوه‌بر گونه گیاهی، به نوع خاک و شرایط محیطی نیز بستگی دارد، برای مثال در یک آزمایش، پاسخ رشد میکوریزایی متفاوت در علف‌های هرز مختلف گزارش شده است، به طوری‌که در علف هرز گاوپنبه پاسخ رشدی از ۲۰ تا ۵۵ درصد متفاوت بود (۳۷). کامرون (۶) پاسخ رشدی منفی برخی گونه‌های گیاهی به همزیستی میکوریزایی را ناشی از کاهش غلظت مواد غذایی می‌داند و معتقد است رابطه میکوریزایی به‌واسطه خاصیت آللوپاتیک قارچ، باعث کاهش تعداد ریشه‌های موئین و به‌دنبال آن باعث کاهش جذب مواد غذائی می‌شود. ترکیبات تراوش شده بوسیله قارچ میکوریزایی می‌تواند باعث تغییرات مورفولوژیکی اساسی شده (پتانسیل فیزیولوژیکی) که سبب تغییر در ساختمان ریشه و کارکرد نامناسب آن می‌شود (۱). نتایج آزمایش‌ها بیان می‌کند که قارچ‌های میکوریزایی روی گیاهان غیر میکوریزایی اثرات بازدارندگی داشته و می‌توانند به‌عنوان یک عامل بیولوژیکی جهت کنترل علف‌های هرز غیرمیکوریزایی، در گیاهان زراعی میکوریزایی مورد استفاده قرار گیرند (۱۰).



شکل ۱- پاسخ رشد میکوریزایی گندم و علف‌های هرز به تلقیح قارچ‌های گلوموس و پیریفورموسپورا

Figure 1- Mycorrhizal growth response (%) of wheat and weeds to *Glomus* and *Piriformospora* colonization

1- Mycorhizal growth response

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که هر دو قارچ توانستند روی ریشه تمام گونه‌های مورد بررسی، کلونی تشکیل دهند، گرچه درصد کلونی‌سازی هر دو قارچ با ریشه گیاه زراعی گندم و علف‌های هرز مورد مطالعه، متفاوت بود. به‌طوریکه کلونی سازی قارچ پیریفورموسپورا و گلوموس با ریشه گیاه زراعی گندم بیش از ۸۷ درصد بود که سبب افزایش زیست توده ریشه و اندام هوایی آن شد. در علف‌های هرز مورد مطالعه، بیشترین درصد کلونی‌سازی توسط هر دو قارچ، به‌ترتیب در گیاه جودره و چاودار مشاهده شد که در گیاه جودره سبب افزایش زیست توده و پاسخ رشدی مثبت شد، اما در گیاه چاودار در حضور هر دو قارچ، زیست توده گیاه کاهش نشان داد و پاسخ رشدی منفی بود. همزیستی ریشه گیاهان یولاف و گندمک با قارچ پیریفورموسپورا مثبت و عامل افزایش زیست‌توده این گیاهان بود، درحالیکه همزیستی ریشه گیاهان مذکور با قارچ گلوموس منفی بود و باعث کاهش زیست‌توده آن‌ها شد. همزیستی ریشه گیاهان علف‌پشمکی، جوموشی، خاکشیر و خلر با هر دو قارچ مثبت بود با این تفاوت که قارچ پیریفورموسپورا در مقایسه با قارچ گلوموس، سبب افزایش بیشتر رشد و زیست‌توده گیاهان مذکور شد.

در مجموع، با توجه به واکنش متفاوت گندم و برخی از گونه‌های علف‌هرز مورد بررسی مانند چاودار، یولاف وحشی و گندمک به تلقیح قارچ‌های میکوریزایی جنس گلوموس و شبه‌میکوریزایی جنس پیریفورموسپورا، به نظر می‌رسد کاربرد قارچ‌های مذکور در مزارع گندم بتواند خسارت علف های هرز یاد شده را کاهش دهد.

منابع

1- Abourghiba T.Y. 2005. Comparative analysis of the impacts of AMF on host and non-host plants. PhD thesis, University of Sheffield, UK.

2- Al-Qarawi A.A. 2002. Relationships among nitrogen availability. Vesicular-Arbascular mycorrhizae, and *Bromus tectorum* in disturbed rangeland sites in Colorado. PhD thesis, Colorado State University Fort Collins, Colorado.

3- Busby R.R. 2011. Chaetgrass (*Bromus tectorum*) interactions with arbascular mycorrhizal fungi in the North American steppe: prevalence and diversity of associations, and divergence from native vegetation. Graduate Degree Program in Ecology. Ph.D. thesis, Colorado State University .Fort Collins, Colorado.

4- Brundrett M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhiza of land plants. New Phytologist 145: 257-304.

5- Bennett A.E., and Bever J.D. 2007. Mycorrhizal species differentially alter plant growth and response to herbivory. Journal of Ecology 88: 210-218.

6- Cameron D.D. 2010. Arbascular mycorrhizal fungi as agro ecosystem engineers. Plant Soil 33:1-5.

7- Daisog H., Sbrana C., Cristani C., Moonen A.C., Giovannetti M., and Barberi P. 2012. Arbascular mycorrhizal fungi shift competitive relationships among crop and weed species. Plant Soil 353: 395-408.

8- Das A., Rrasad R.B., Srivastava S. Deshmukh M.K., and Rai A. 2013. Cultivation of *Pirifoemospora indica* with medicinal plants: case study. Soil Biology 33: 149-171.

9-Dehghan M., and Ahmadvand G. 2018. Effect of *Piriformospora indica* on seedling growth of canola and some weed species. Weed Research Journal 9: 43-51.

10- Francis R., and Read D.J. 1995. Mutualism and antagonism in the mycorrhizal symbiosis, with special reference to impacts on plant community structure. Canadian Journal of Botany 73: 1301-1309.

11- Ghahfarokhi R.M., and Goltapeh M.E. 2010. Potential of the root entophytic fungus *Piriformospora indica*, *Sebacina vermifera* and Trichoderma species in bio control of take-all disease of wheat *Gaeumannomyces graminis* var. tritici in vitro, in Iran. Journal of Agricultural Science and Technology 6: 8-11. (In Persian with English abstract)

12- Giovanetti M., and Mosse B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 97: 447-453.

13- Jordan N.R., Zhang J., and Huard S. 2000. Arbuscular- mycorrhizal fungi: potential roles in weed management. Weed Research 40: 397-410.

14- Hajinia S., Zarea, M.J., Mohammadi Goltapeh E., and Rejali F. 2012. Investigating the efficacy of endophytic fungus *Piriformospora indica* and *Azospirillum* strains on alleviation of detrimental effect of salt stress on wheat *(Ttiticum aestivum* cv.sardari). Journal of Environmental stresses in Crop Sciences 1: 21-31. (In Persian with English abstract)

15- Hill T.W., and Kaefer E. 2001. Improved protocols for Aspergillums medium: trace elements and minimum medium salt stock solutions. Fungal Genetics Newsl 48: 20-21.

16- Kari Dolatabadi H., and Mohammadi Goltapeh M. 2013. Effect of inoculation with *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on growth of selected Brassicaceae plants under greenhouse conditions. Journal Horticultural Research 21(2): 115-124.

17- Kennedy L.J., Tiller R.L., and Stutz J.C. 2002. Associations between arbuscular mycorrhizal fungi and *Sporobolus wrightii* in riparian habitats in arid South-western North America. Journal Arid Environments 50: 459-475.
18- Khazaei M., and Farhangfar H. 2010. Statistical experiment design and interrelation an introduction with agricultural examples. University of Birjand. (In Persian with English abstract)
19- Kumari R., Kishan H., Bhoom Y.K., and Varma A. 2003. Colonization of cruciferous plants by *Piriformpspora indica*. Current Science 85: 1672-1674.
20- Massenssini A.M., Araujo Bonduki V.H., Totola M.R., Ferreria F.A., and Costa M.D. 2014. Arbasculare mycorrhizal associations and occurrence of dark septate endophytes in the roots of Brazilian weed plants. Mycorrhiza 24: 153-159.
21- Nadian H. 2011. Effect of drought stress and mycorrhizal symbiosis on growth and phosphorus uptake by two Sorghum cultivars different in root morphology. Journal of Water and Soil Science 57: 127-139. (In Persian with English abstract)
22- Oelmuller R., Sherameti I., Tripathi S., and Varma A. 2009. *Piriformospora indica*, a cultivable root entophyte with multiple biotechnological applications. Symbiosis 49: 1-17.
23- Rabiey M., Ullah I., Show L.J., and Show M.W. 2017. Potential ecological effects of *Piriformospora indica*, a possible biocontrol agent, in UK agricultural systems. Biological control 104: 1-9.
24- Rejali F., Esmaeilizad A., and Torkashvand A. 2014. Studying the possibility of in vitro cultivation of three Arbuscular mycorrhizal species. Journal soil Biology 2(1): 33-41. (In Persian with English abstract)
25- Rinaudo V., Baarberi P., Giovannetti M., and Van Der Heijden M.G.A. 2010. Mycorrhizal fungi suppress aggressive agricultural weeds. Plant Soil 333: 7-20.
26- Rowe H.I., Brown C.S., and Claassen V.P. 2007. Comparisons of mycorrhizal responsiveness with field soil and commercial inoculum for six native Montana species and *Bromus tectorum*. Restoration Ecology 15: 44-52.
27- Santos E.A., Ferreira L.R., Costa M.D., Silva M.C.S., Reis M.R.R., and Franca A.C. 2013. Occurrence of symbiotic fungi and rhizospheric phosphate solubilization in weeds. Acta Scientiarum Agronomy 35(1): 49-55.
28- Schechter S.P. and Bruns T.D. 2008. Serpentine and non-serpentine ecotypes of *Collinsia sparsiflora* associate with distinct arbuscular mycorrhizal fungal assemblages. Molecular Ecolog 17: 3198-3210
29- Singh A., Sharma J., Rexer K.H., and Varma A. 2000. Plant productivity determinates beyond minerals, water and light: *Piriformospora indica*. A revolutionary plant growth promoting fungus. Current Science 79(11): 1548-1554.
30- Tahira J.J., Khan S.N., Anwar W., and Suliman R. 2012. Mycorrhiza association in some weeds of curcuma longa field of district kasur, Pakistan. Pakistan Journal of Weed Science 18(3): 331-335.
31- Tyagi J., Varma A., and Pudake R. N. 2017. Evaluation of comparative effects of arbascular mycorrhiza (*Rhizophagus intraradices*) and endophyte (*Piriformospora indica*) association with finger millet (*Eleusine coracana*) under drought stress. European Journal of Soil Biology 81: 1-10.
32- Varma A., Verma S., Sahay N.S., Butehorn B., and Franken P. 1999. *Piriformospora indica*, a cultivable plant growth promoting root endophyte. Applied and Environmental Microbiology 64: 2741-2744.
33- Varma A., Singh A., Sudha S., Sahay N., Sharma J., Roy A., Kumari M., Rana D., Thakran S., Deka D., Bharti K., Franken P., Hurek T., Blechert O., Rexer K.H., Kost G., Hahn A., Hock B., Maier W., Walter M., Strack D., and Kranner I. 2001. *Piriformospora indica*: a cultivable mycorrhiza-like endosymbiotic fungus. In: Varma, A., Hock, B. (Eds.), Mycota IX. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp. 123-150.
34- Varma A., Bakshi M., Lou B., Hartmann A., and Oelmuller R. 2012. Functions of a novel plant growth- promoting mycorrhizal fungus: Piriformospora indica. Agricultursl Research 1(2): 117-131.
35- Veiga R.S.L., Jansa J., Frossard E., and Van der Heijden M.G.A. 2011. Can arbuscular mycorrhizal fungi reduce the growth of agricultural weeds? pLoS ONE 6(12): 1-10.
36- Veiga R.S.L., Howard K., Marcel M., and Van der Heijden M.G.A. 2012. No evidence for allelopathic effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the non-host *Stellaria media*. Plant Soil 360: 319-331.
37- Vatovec C., Jordan N., and Huerd S.C. 2005. Responsiveness of certain agronomic weed species to arbuscular mycorrhizal fungi. Renewable Agriculture and Food Systems 20: 181-189.
38- Wang B., and Qui Y.L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. Mycorrhiza 16: 299-363.
39- Yaghoubian Y., Mohammadi Goltapeh E., Pirdashti H., Esfandiari E., Feiziasl V., Kari Dolatabadi H., Varma A., and Hartani Hassim M. 2014. Effect of *Glomus mossea* and *Piriformospora indica* on growth and antioxidant defense responses of wheat Plants under drought stress. Agricultural Research 3(3): 239-245.

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 1, Spring 2020, P. 55-65

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۶۵-۵۵

Effect of Mycorrhizal (*Glomus mosseae*) and Mycorrhizal- like (*Piriformospora indica*) Fungi on Seedling Growth of Wheat and Some Weed Species

G. Ahmadvand[*1]**- M. Dehghanan**[2]**- E. Zand**[3]

Received: 17-09-2018
Accepted: 04-03-2020

Introduction: Arbuscular mycorrhizal fungi are one of the most important fungi in the soil, which coexist with the roots of many plants almost from 400 million years ago. These fungi play an important role in the sustainable functioning of agricultural ecosystems. Mycorrhizal fungi are not only beneficial and can increase the growth of plants, in some cases, some mycorrhizal species also cause growth reduction in certain species of plants. Investigating the effect of mycorrhizal fungus on growth of nine important weed species in the fields showed that the growth of weeds in the presence of fungi decreases. The *Piriformospora indica* is a root-endophytic fungus that was isolated from the rhizosphere soil in the Thar Desert of India. This fungus same as typical AMF greatly improves the grown and overall biomass production of a broad spectrum of hosts. This fungus coexists on the root of a number of crops and weeds of monocotyledons, dicotyledons, Chenopodiaceae and Brassicaceae that do not inoculated by mycorrhizal fungi. This research was conducted to evaluate and compare the growth response of wheat and some important weeds of this crop, to *Glomus mosseae* and *P. indica* in controlled conditions, for ecological management of weeds.

Materials and Methods: In order to investigate fungal root colonization of wheat and some weed species, nine separated trails were carried out as completely randomized design with five replications in 2016. Treatments were inoculation with *Glomus mosseae*, *Piriformospora indica* and non-inoculated control on nine plant species of wheat (*Tritium asativum* L.) wild rye *(Secale cereal* L.), wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch), barley (*Hordeum morinum* L.), wild oats (*Avena ludoviciana* Durieu), flixweed (*Descurainia Sophia* L.), drooping brome (*Bromus tectorum* L.), chickweed (*Stellaria media* L.) and grass pea (*Lathyrus sativus* L.). The soil used was (1:1) soil and fine sand. After passing through a sieve of two mesh, for three consecutive days and for four hours per day was sterilized in oven at 120 °C. After filling pots out with one kg of autoclaved soil, spores of *G. mosseae* and mycelia pieces of *P. indica*, were added to the pots. Ten seedlings were transferred in to each pot and were thinned to three seedlings per pot at 2-4 leaves stage. Plants were harvested 8 weeks after transplanting, the plants were removed from the crown and transferred to the laboratory. The roots of the plants were washed with distilled water to be thoroughly cleaned, and then the root of a plant from each pot was randomly cut into pieces of one centimeter and prepared to determine the percentage of colonization. Shoot and root dry matter and mycorrhizal growth responses were determined as well.

Results and Discussion: The results indicated the different effects of fungi on wheat and weed species. Roots of wheat were colonized by *G. mosseae* and *P. indica* fungi by 87.9 and 90%, respectively. The lowest amount of root colonization by *P. indica* and *G. mossea* was observed in the chickweed by 10 and 7.5%, respectively. As a result of coexistence of both species of fungi with barley, wild barley, flixweed, drooping brome and grass pea, root and shoot dry weight were increased, and in some other plants, in the presence of either *G. mosseae* or *P. indica*, the root and shoot dry weight decreased, compared to the control. The dry weight of wild rye and chickweed in coexistence with *P. indica* was 0.13 and 0.35 g plant^{-1}, respectively, and in coexistence with *G. mosseae* was 0.14 and 0.33 g plant^{-1}, respectively. Compared to the control, the use of *P. indica* reduced shoot dry weight of wild rye and chickweed by 31.58% and 14.63%, respectively, and the use of *G. mosseae* in wild rye reduced 26.36% of shoot dry weight. Dry weight of *Elusine coracana* in presence of *Phizophagus intraradices* mycorrhizal fungus increased by 40% and in the presence of *P. indica* increased by 81% compared with control. Biomass reduction in lambsquarters in the presence of mycorrhizal fungi was 26% compared with the un-inoculated plants. The weeds and wheat in the presence of *P. indica* and *G. mosseae* varied in terms of mycorrhizal growth response. Mycorrhizal growth response of weeds was varied from -32.26 to +48.78 percentages. Among the monocotyledon weeds, the highest growth response was observed in the

1 and 2- Associate Professor and Ph.D. Student in Weed Science, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali , Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: gahmadvand@basu.ac.ir)
3- Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran

presence of *P. indica* in the weed of barley (47.78%) and wild barley (44.14%). Both *P. indica* and *G. mosseae* caused a negative growth response in wild rye, so that the growth response in the presence of *P. indica* was -0.66% and in the presence of *G. mosseae* -23.22%, indicates that the growth reduction of wild rye was higher in the presence of *P. indica*. The difference in mycorrhizal growth response in weeds, in addition to plant species, depends on the type of soil and environmental conditions.

Conclusion: In general, due to the different reactions of wheat and some studied weed species to *P. indica* and *G. mosseae* inoculation, it seems that the application of these fungi in wheat fields could cause reduction in grass weed damages.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal, Growth response, *Piriformospora indica*